

# Automatización de la medición del desempeño de dosificadores de semilla en un banco de laboratorio

## Automation of the measurement of the performance of seed dispensers in a laboratory bench

Luis Enrique Raya-González<sup>1\*</sup>, Noé Saldaña-Robles<sup>1</sup>,  
Adriana Saldaña-Robles<sup>1</sup>, Jonathan Cepeda-Negrete<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Maestría en Biociencias, División de Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato, Ex Hacienda El Copal Km 9, Carretera Irapuato-Silao, A.P. 311, CP 36500. Irapuato, Guanajuato. Correo electrónico: le.rayagonzalez@ugto.mx (\*Autor responsable)

### RESUMEN

En el mercado existen sembradoras mecánicas y neumáticas, las cuales mediante dosificadores, liberan la semilla de manera unificada, con el objetivo de lograr una siembra de calidad. Sin embargo, una posición errónea del individualizador de semilla, velocidad de trabajo excesiva o baja precisión de succión provocan que la distancia entre semillas no sea uniforme, lo que ocasiona un impacto negativo en el rendimiento. En la División de Ciencias de la Vida de la Universidad de Guanajuato, se cuenta con un banco de prueba de laboratorio (BPL) que evalúa el desempeño de dosificadores de semilla. El objetivo de este trabajo fue desarrollar un sistema para automatizar la medición del desempeño de dosificadores de semilla en un banco de laboratorio para pruebas de dosificadores neumáticos. Para la automatización se desarrolló un sistema de visión artificial que detecta la separación entre semillas, el cual presenta un porcentaje de error de 0.007% respecto a las distancias reales medidas, que fueron 5, 10 y 13 centímetros.

**Palabras clave:** siembra, plantación, maíz.

### ABSTRACT

In the market there are mechanical and pneumatic seeders, which by means of dispensers release the seed in a unified way in order to achieve a quality sowing. However, a wrong position of the seed individualizer, excessive working speed or poor suction precision cause the distance between seeds to be uneven, causing a negative impact on the yield. In the Life Sciences Division of the University of Guanajuato there is a laboratory test bench (BPL) that evaluates the performance of seed dispensers. The objective of this work was to develop a system to automate the measurement of the performance of seed dispensers in a laboratory bench for testing pneumatic dispensers. For the automation, an artificial vision system was developed to detect the separation between seeds, which presents an error percentage of 0.007% with respect to the real measured distances, which were 5, 10 and 13 cm.

**Keywords:** sowing, plantation, corn.

## INTRODUCCIÓN

La calidad de plantación es un factor que impacta directamente la productividad de los cultivos y se puede medir en función de la densidad de siembra y distribución homogénea de las semillas en la surquearía. Estos parámetros son de especial importancia en aquellos cultivos en que la siembra se realiza en hileras, siendo el caso de las gramíneas, en particular el maíz. Una distribución homogénea de las semillas brinda un espacio adecuado para el desarrollo de cada planta y aumenta el rendimiento debido a que esta no compite por nutrientes y humedad (Heege, 1993). La heterogeneidad del espaciamiento entre hileras de plantas explica 25% de la variabilidad del rendimiento (Staggenborg *et al.*, 2004). El rendimiento del maíz disminuye en 181 kg/ha, ante el aumento en 1 cm de la desviación estándar de la distancia entre plantas (Balboa *et al.*, 2010). En la actualidad existen las llamadas sembradoras de precisión, las cuales tienen la capacidad de unificar la semilla en

intervalos homogéneos en la línea de surquearía (Srivastava *et al.*, 2006). El dosificador es un componente esencial para lograr una buena uniformidad de siembra en las sembradoras de precisión (Cay *et al.*, 2018). Es importante evaluar el desempeño de los dosificadores, ya que de estos depende que la densidad de semillas en la siembra sea la óptima y, por consecuencia, el rendimiento del cultivo se acerque a su potencial genético.

La patente 201200113 (2015) describe un banco de pruebas de laboratorio automatizado, el cual mide el desempeño de dosificadores neumáticos utilizando un conjunto de sensores de proximidad, acomodados en una posición estratégica para la detección (parte inferior del tubo de caída de semilla), un microcontrolador y un programa de integración de datos que mide la posición, distancia, cantidad y tiempo entre semillas.

Abdolhazare y Mehdizadeh (2018) evaluaron la uniformidad del espaciado entre semillas mediante algoritmos genéticos y procesamiento de imágenes. Para determinar el espacio entre semillas, estas se grabaron

utilizando una cámara de alta velocidad (fujif 660). Posteriormente, los videos grabados se convirtieron en una secuencia de imágenes en formato JPG y su procesamiento de imágenes se llevó a cabo con el programa MATLAB® (MathWorks, Natick, MA). Después se encontró la ubicación de cada semilla, para lo cual se calculó el centroide de área, y en cada imagen se determinó la trayectoria de la semilla. Con el fin de calcular los datos de espaciamiento de semillas, se determinó la ubicación de cada una en marcos sucesivos del lecho del suelo; los valores obtenidos se dividieron entre 320 para obtener diferencias de tiempo y después se multiplicaron por la velocidad (cm/s). Los valores finales fueron: espaciamiento en centímetros entre semillas. El sistema logró una eficiencia de 93% respecto a las distancias reales.

Los estudios previos descritos realizan la medición de la distancia entre semillas en la parte inferior o central del tubo de caída, lo que representa una desventaja, ya que de esta forma no se considera que el espacio entre semilla se pueda ver afectado por el impacto de la semilla con la superficie de siembra o del banco de pruebas, lo que provoca una modificación de distancias respecto a la obtenida en el tubo de caída. Por ende, una mejor opción es evaluar el espacio entre semillas en la superficie donde se depositan. En la División de Ciencias de la Vida de la Universidad de Guanajuato se cuenta con un banco de prueba de laboratorio (BPL) que evalúa el desempeño de dosificadores de semilla. El análisis de los datos obtenidos del BPL se realiza de forma manual. Como consecuencia, los tiempos de análisis son relativamente largos, y la determinación del desempeño, onerosa. Dicho lo anterior, el objetivo del presente trabajo es desarrollar un sistema para automatizar la medición del desempeño de dosificadores de semilla en un banco de laboratorio para pruebas de sembradoras neumáticas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema para detectar la distancia entre semillas consta de tres elementos: cámara, fuente de iluminación y algoritmo.

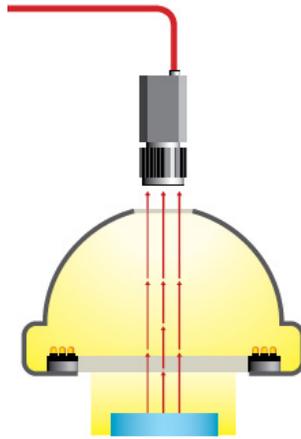
Para el presente estudio se utilizó la cámara Beauty Garden XD4480500, la cual es capaz de tomar video con una resolución de 1080 p a 30 fps, 720 p a 60 fps y 480 p a 90 fps. Se eligió este tipo de cámara, ya que es compatible con microcontroladores y ordenadores, tales como Arduino y Raspberry. Además, las velocidades de captura de imagen se encuentran dentro del rango adecuado, ya que la velocidad máxima de avance lineal de la banda del BPL es 7 km/h. Por lo tanto, el alias generado por la semilla en estas condiciones es de 6.2 cm, lo cual se considera aceptable, ya que la distancia calibrada

entre semillas es de 13 cm, por lo que es posible mediar la distancia entre semillas en la imagen capturada, con un análisis de imagen digital.

La iluminación del sistema se realiza con LEDs (Light Emitter Diodes) de tipo SMD (Surface Mounted Dispositive). Este tipo de fuente de iluminación es capaz de producir luz en el rango de 350 a 750 nm, y con facilidad se puede uniformizar la intensidad luminosa que llega a una superficie; además, esta fuente de iluminación es totalmente compatible con el rango de longitud de onda de la luz, y es capaz de registrar los sensores que forman la matriz de detectores de la gran mayoría de cámaras de video, ya que trabajan en un rango de 380 a 810 nm. Otras ventajas de estos sensores es que son el bajo costo, de tamaño reducido y pueden utilizar arreglos de LED para generar diferentes geometrías que se adapten a las necesidades de iluminación. Dadas las características del estudio, la iluminación del sistema no se puede llevar a cabo por medio de técnicas de iluminación frontal debido a que la banda del BPL contiene grasa, y esta suele brillar al ser iluminada, por lo que se utilizará la técnica de iluminación difusa continua, comúnmente conocida como iluminación difusa tipo domo (Figura 1). Esta técnica, que suministra iluminación difusa en la misma dirección respecto al eje de la cámara, se utiliza en aplicaciones complejas con superficies irregulares.

El algoritmo propuesto está formado por una secuencia de 11, los cuales son:

- Extracción de imagen (IMG) en formato BGR del video en un tiempo definido.
- Extracción de la capa roja de IMG (IMGR).
- Recorte del área de interés, que para el caso es la semilla y la banda transportadora (IMGRR).
- Segmentación por umbralización doble, en la cual el objeto de interés obtiene valores de intensidad de 255 (blanco) y el fondo 0 (negro).
- Erosión de IMGRR con diamante de siete pixeles. Este paso se realiza con el fin eliminar el ruido de la imagen.
- Dilatación de IMGRR con diamante de siete pixeles. Este paso se lleva a cabo para regresar la dimensión original del objeto de interés, que en este caso es la semilla de maíz.
- Extracción del borde de cada una de las semillas detectadas en la imagen segmentada.
- Extracción de las coordenadas del centroide de área de cada una de las semillas en la imagen.
- Medición de la distancia (en pixeles) entre el centroide de área de las semillas. Esta medición se realiza tomando de referencia sólo dos semillas a la vez, por lo que si una imagen presenta cuatro semi-



Fuente: <https://www.infaimon.com/enciclopedia-de-la-vision/iluminacion-difusa-tipo-domo/>.

**Figura 1.** Dispositivo de CDI.

llas, se tendrán tres distancias: distancia de semilla 1 a 2, 2 a 3 y 3 a 4.

- Conversión de las distancias obtenidas de píxeles a cm.
- Almacenamiento de la información de las distancias entre semillas.

Para el desarrollo de los algoritmos se utiliza el programa Python® en su versión 3.8.6. El procesamiento de los algoritmos se llevará a cabo por medio de un ordenador Raspberry pi 3.

Para determinar la eficiencia del sistema se utilizaron semillas de maíz de la marca ASGROW®, las cuales se colocaron sobre la banda del banco de pruebas del laboratorio. La distancia entre ellas se midió manualmente: 5, 10 y 13 cm. Lo anterior, con el fin de tener una ecuación de calibración de distancia de píxeles a cm y, además, para poder verificar el adecuado funcionamiento del sistema de detección de distancia entre semillas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La técnica de iluminación utilizada en la presente investigación eliminó la posibilidad de brillos no deseados que aparecen en la imagen digital cuando se ilumina directamente al objeto, lo cual es muy favorable, ya que de esta forma el análisis de la imagen se simplifica.

En la Figura 2 podemos observar el resultado del algoritmo ALID en pruebas en las cuales la distancia real previamente se encontraba calibrada de forma manual

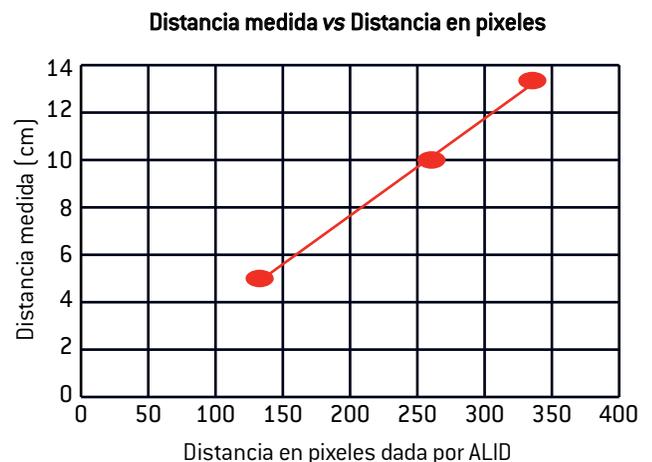


Fuente: Elaboración propia.

**Figura 2.** Resultado final de algoritmo ALID.

en distancias de 5 cm (Figura 2.A), 10 cm (Figura 2.B) y 13 cm (Figura 2.C).

En el Cuadro 1 se muestran las distancias entre semillas detectadas por el algoritmo. Para obtener estos datos se realizó una calibración, la cual consistió en una regresión lineal simple, mediante un gráfico creado en Microsoft Excel®, que contiene las distancias de 5, 10 y 13 cm y el resultado del algoritmo (distancia en píxeles). El gráfico obtenido se muestra en la Figura 3, donde se puede detectar que existe una relación lineal entre la distancia medida y la distancia en píxeles dada por ALID.



Fuente: elaboración propia

**Figura 3.** Gráfico de distancia medida vs distancia en píxeles.

**Cuadro 1.** Resultados obtenidos de algoritmo ALID.

Distancia medida	Distancia en pixeles	Distancia ALID	% Error	Distancia medida	Distancia en pixeles	Distancia ALID	% Error	Distancia medida	Distancia en pixeles	Distancia ALID	% Error
5.000	131.384	5.002	0.004	10.000	256.575	9.908	0.015	13.000	339.379	13.032	0.004
5.000	132.443	5.045	0.012	10.000	259.535	10.021	0.003	13.000	339.951	13.053	0.005
5.000	129.142	4.912	0.014	10.000	263.980	10.191	0.014	13.000	341.012	13.092	0.008
5.000	132.375	5.042	0.011	10.000	260.159	10.045	0.001	13.000	336.579	12.928	0.005
5.000	131.395	5.003	0.004	10.000	257.413	9.940	0.012	13.000	339.715	13.044	0.005
5.000	131.120	4.992	0.002	10.000	259.429	10.017	0.004	13.000	336.778	12.935	0.004
5.000	131.448	5.005	0.004	10.000	260.231	10.048	0.001	13.000	340.321	13.067	0.006
5.000	132.759	5.057	0.014	10.000	258.442	9.979	0.008	13.000	339.475	13.035	0.004
<b>Promedio</b>			<b>0.008</b>	<b>Promedio</b>			<b>0.007</b>	<b>Promedio</b>			<b>0.005</b>

Se obtuvo la ecuación con la cual es posible realizar una conversión de distancia en pixeles a cm, como se puede observar a continuación.

$$Dcm = 0.0386Dpix - 0.0526 \quad Ec \quad (1)$$

Donde:

Dcm = Distancia en cm

Dpix = Distancia en pixeles

Los datos obtenidos arrojan que la distancia promedio obtenida para una calibración de 5 cm es 5.007; para 10 cm, 10.019, y para 13 cm es de 13.023, por lo tanto, el porcentaje de error del sistema propuesto es 0.008%, 0.007% y 0.005% para una distancia medida de 5, 10 y 13 cm, respectivamente, por ende, el porcentaje de error promedio para las pruebas realizadas es de 0.007% respecto a la distancia medida, lo que supera por 6.99 al método propuesto por Abdolahzare y Mehdizadeh (2018). Además, el sistema propuesto se ubica en la superficie en que se deposita la semilla, lo cual representa ventajas, ya que de esta forma se considera la distancia final entre semillas después de haber sido afectadas por el tubo de descarga y por el impacto con la superficie donde se depositan.

## CONCLUSIÓN

Se desarrolló un sistema para detectar la distancia entre semillas, formado por un sistema de visión artificial compuesto de tres elementos: cámara, fuente de iluminación y algoritmo. Este sistema puede detectar la distancia en-

tre semillas con una eficiencia de 99% para distancia entre semillas de 5, 10 y 13 cm. Este sistema puede aplicarse para la automatización del banco de pruebas.

## LITERATURA CITADA

- ABDOLAHZARE, Z., Mehdizadeh, A. (2018). *Nonlinear mathematical modeling of seed spacing uniformity of a pneumatic planter using genetic programming and image processing*. <https://doi.org/10.1007/s00521-016-2450-1>.
- BALBOA G.R., G.P. Espósito, C.A. Castillo, R.G. Balboa & G. de Deseo (2010). Uniformidad espacial de plantación en maíz (*Zea mays* L.). IX Congreso Nacional de Maíz. Simposio Nacional de Sorgo. Rosario, noviembre de 2010. pp. 44-46.
- BECERRA, T., Lastra, X.V., Nardon, G.F., y Botta, G.F. (2015). Patente España. No. Almería: Oficina Española de Patentes y Marcas.
- CAY, A., Kocabiyik, H., & Amp; May, S. (2018). Development of an electro-mechanic control system for seed-metering unit of single seed corn planters Part II: Field performance. *Computers and Electronics in Agriculture*, 145, 11-17.
- HEEGE H. (1993) Seeding methods performance for cereals, rape, and beans. *Am. Soc. Agric. Biol. Eng.* 36(3):653-661.
- SRIVASTAVA, A. K., Goering, C. E., Rohrbach, R. P., & Buckmaster, D. P. (2006). *Engineering Principles of Agricultural Machines* (2ª Ed.). (P. McCann, Ed.) St. Joseph, Michigan, EEUU: American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- STAGGENBORG, S.A., Taylor, R.K., Maddux, L.D. (2004). Effect of planter speed and seed firmers on corn stand establishment. *Appl. Eng. Agric.* 20 (5), 573-580.